

Rilievo macrosismico del
terremoto del 15 dicembre 2009
nella Valle del Tevere e
considerazioni sull'applicazione
della scala EMS98

Quaderni di Geofisica

82



Quaderni di Geofisica

Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

Rilievo macrosismico del terremoto del 15 dicembre 2009 nella Valle del Tevere e considerazioni sull'applicazione della scala EMS98

Macroseismic survey of the December 15, 2009 Tiber Valley earthquake. Some remarks on the use of EM98 scale

Luca Arcoraci¹, Michele Berardi¹, Corrado Castellano¹,
Ilaria Leschiutta², Alessandra Maramai³, Antonio Rossi¹,
Andrea Tertulliani², Maurizio Vecchi²

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Centro Nazionale Terremoti)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Sismologia e Tettonofisica)

³INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Geomagnetismo, Aeronomia e Geofisica Ambientale)

Rilievo macrosismico del terremoto del 15 dicembre 2009 nella Valle del Tevere e considerazioni sull'applicazione della scala EMS98

In questo lavoro vengono presentati e discussi i risultati del rilievo macrosismico effettuato in termini di European Macroseismic Scale 1998 del terremoto del 15 dicembre 2009. L'evento, di M_L 4.2, ha colpito la Valle del Tevere tra le province di Terni e Perugia, ed ha avuto una intensità EMS pari al 7 grado. Il rilievo è servito anche come test sull'uso della scala EMS98, non ancora utilizzata sistematicamente per i terremoti italiani, attraverso un'indagine di dettaglio nelle quattro località più danneggiate. Il tentativo di una applicazione rigorosa della scala ha fatto emergere alcune problematiche metodologiche, di fronte alle quali sono state fatte delle scelte in linea con le Linee Guida della scala. In particolare l'adozione del *grado intero* ci sembra l'alternativa più robusta per contrastare la abusata tentazione di usare la scala macrosismica come una misura *continua* dello scuotimento.

This paper shows the results of the macroseismic survey of the December 15, 2009 earthquake, performed according to the European Macroseismic Scale 1998. The event (M_L 4.2), hit the Tiber Valley, between the Terni and Perugia provinces has been evaluated of intensity 7. As the EMS98 is not yet systematically used for Italian earthquakes, we tested it by means of a detailed survey in the most damaged localities. The several methodological questions arisen led us to make some choices according to the Guidelines of the EMS98, in the intensity assessment. Particularly effective is, in our opinion, the choice to preserve the integer character of the scale, and not use intermediate formulations of the intensity degree.

Introduzione

Il 15 dicembre 2009 un terremoto di magnitudo (M_L) 4.2, avvenuto alle ore 14:11 italiane (13:11 UTC), ha interessato le province di Perugia e Terni. Il terremoto è stato localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV con coordinate Lat. N 43.00 e Lon. E 12.27, e profondità ipocentrale corrispondente a 9.2 km. L'evento è stato ampiamente avvertito in Umbria, parte della Toscana meridionale e nel Lazio settentrionale. La scossa principale è stata seguita nelle ore succes-

sive soltanto da 4 repliche che non hanno superato la soglia di magnitudo 2.1 (Tab. 1).

L'area interessata dal terremoto del 15 dicembre 2009, compresa tra il fiume Tevere ed il lago Trasimeno, è caratterizzata da una bassa sismicità sia per frequenza che per magnitudo, contrariamente alla limitrofa fascia appenninica che è sede di una elevata sismicità (fig. 1).

Le sezioni INGV di Roma si sono attivate intervenendo con una squadra di rilievo macrosismico del gruppo operativo QUEST. Il rilievo è stato condotto con l'obiettivo principale

Data	Ora locale	Lat. N	Lon. E	H (Km)	M_L
15/12/2009	14.11.58	43.00	12.27	9.2	4.2
15/12/2009	17.57.56	43.00	12.27	10	2.1
16/12/2009	07.50.55	42.99	12.29	10	2.0
16/12/2009	16.27.54	43.01	12.27	8.4	1.4
16/12/2009	18.05.26	42.98	12.27	16.4	1.7

Tabella 1 Elenco delle scosse della sequenza.
Table 1 Seismic sequence.

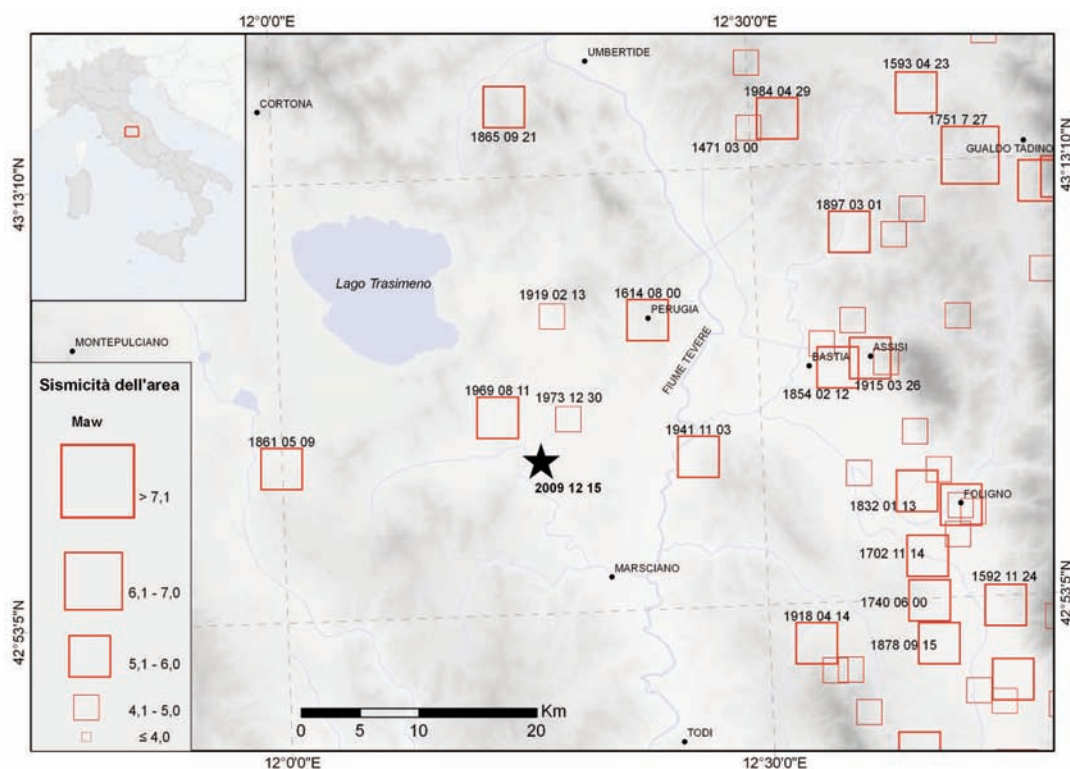


Figura 1 Rappresentazione della sismicità storica [Gruppo di lavoro CPTI, 2004] nell'area in esame. La stella nera rappresenta l'epicentro del terremoto del 15/12/2009, i quadrati rossi, in proporzione alla Maw (magnitudo media pesata, Gruppo di lavoro CPTI, 2004), rappresentano i terremoti storici.

Figure 1 Historical seismicity of the study area [Gruppo di lavoro CPTI, 2004] The black star indicates the epicentral location of the December 15, 2009 earthquake, red squares indicate the historical earthquakes (the size is proportional to Maw, Average weighted magnitude).

di assegnare, nelle località più colpite, l'intensità secondo la scala EMS98 [European Macroseismic Scale 1998, Grünthal, 1998] vista la sempre più pressante necessità di applicare in Italia detta scala, ormai largamente usata nel resto d'Europa. Il presente rilievo macrosismico non è quindi stato svolto per fini di protezione civile, per il quale viene tradizionalmente usata la scala Mercalli-Cancani-Sieberg (da qui in avanti MCS) [Sieberg, 1930].

In questo lavoro vengono riportati e discussi i risultati dell'indagine macrosismica e la descrizione del rilievo di dettaglio effettuato nelle quattro località maggiormente danneggiate.

1. Rilievo macrosismico

La classificazione degli effetti secondo una scala macrosismica (MCS, EMS98), presuppone una valutazione complessiva dell'impatto del terremoto esaminando un insieme di informazioni sufficientemente consistente e rappresentativo, in modo tale che gli effetti stessi non siano eccessivamente influenzati da situazioni anomale quali condizioni di sito (morfologia, instabilità del terreno o altro) o particolare vulnerabilità sismica degli edifici in esame.

La risposta sismica di un singolo edificio, infatti, può essere influenzata in modo decisivo da condizioni particolari che riguardano quello specifico sito e non altri. Allo stesso modo vanno considerati con una certa cautela gli effetti prodotti su insediamenti modesti, costituiti da un numero limitato di edifici, il cui danneggiamento può essere condizionato in modo determinante da condizioni di sito o di vulnerabilità. Si sottolinea infine che la prassi del rilievo macrosismico non prevede, in genere, la verifica degli edifici al loro interno per l'impossibilità di entrare in tutte le abitazioni e la conseguente difficoltà di effettuare un rilievo uniforme in tutte le località. Questo non esclude che all'interno delle abitazioni, come spesso accade, vi possa essere un quadro fessurativo comunque compatibile con l'assenza di danno riscontrabile dall'esterno.

Il rilievo macrosismico del terremoto del 15 dicembre 2009, condotto con l'obiettivo di attribuire valori d'intensità ai centri abitati applicando la scala macrosismica europea, EMS98 [Grünthal, 1998], ha evidenziato come i danni siano concentrati in alcune piccole frazioni del comune di Marsciano (PG) e siano prevalentemente limitati all'edilizia tradizionale. Nel resto delle località dell'area epicentrale il terremoto è stato fortemente risentito, provocando

spavento e in alcuni casi fuga dalle abitazioni, ma non danni sensibili. Sporadicamente si è verificato qualche danno a singoli edifici.

Le stime di intensità EMS98 formulate sulla base dei rilievi condotti nelle località maggiormente danneggiate e sulla base delle informazioni raccolte con altre tecniche di

Località	Comune	Prov.	Latitudine	Longitudine	I EMS
Spina	Marsciano	PG	42,985	12,281	7
San Biagio della Valle	Marsciano	PG	43,017	12,289	7
Sant'Apollinare	Marsciano	PG	42,988	12,262	6
Pieve Caina	Marsciano	PG	43,002	12,264	6
Castiglione della Valle	Marsciano	PG	43,018	12,254	5
Collazzone	Collazzone	PG	42,900	12,435	5
Deruta	Deruta	PG	42,980	12,415	5
Marsciano	Marsciano	PG	42,910	12,338	5
Mercatello	Montefalco	PG	42,969	12,267	5
Mugnano	Perugia	PG	43,050	12,217	5
Papiano	Marsciano	PG	42,967	12,333	5
Pietrafitta	Piegara	PG	42,992	12,212	5
Corciano	Corciano	PG	43,129	12,287	4
Magione	Perugia	PG	43,144	12,207	4
Perugia	Perugia	PG	43,097	12,383	4
Piegara	Piegara	PG	42,967	12,083	4
Arezzo	Arezzo	AR	43,467	11,850	3
Agello	Magione	PG	43,067	12,233	F
Città della Pieve	Città della Pieve	PG	42,954	12,005	F
Fontignano	Perugia	PG	43,033	12,183	F
Fratta Todina	Fratta Todina	PG	42,857	12,364	F
Montecastello di Vibio	Montecastello di Vibio	PG	42,840	12,351	F
San Venanzo	San Venanzo	PG	42,869	12,270	F
Spoletto	Spoletto	PG	42,745	12,737	F
Todi	Todi	PG	42,780	12,404	F
Torgiano	Torgiano	PG	43,028	12,441	F

Tabella 2 Lista delle località oggetto del rilievo macrosismico del terremoto del 15 dicembre 2009 e relativa intensità al sito.

Table 2 List of the localities surveyed after the earthquake of 15 December 2009, and site intensity.

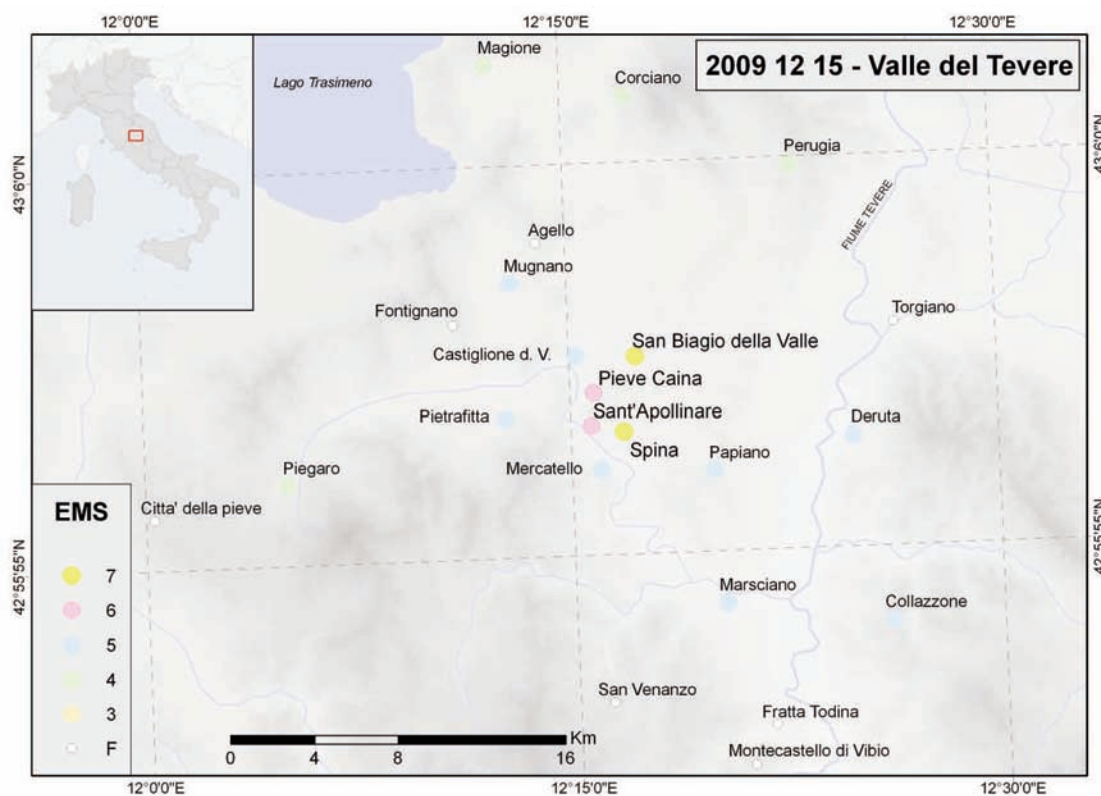


Figura 2 Rappresentazione cartografica dell'area di risentimento del terremoto del 15 dicembre 2009.
Figure 2 Map of the epicentral area of the December 15, 2009 earthquake.

indagine, sono riportate in tabella 2 e in figura 2.

In seguito alle indagini preliminari, le località maggiormente danneggiate sono risultate essere Spina, San Biagio della Valle, Sant'Apollinare e Pieve Caina, per le quali è stato condotto un successivo rilievo di dettaglio.

Analogamente con quanto svolto per il centro storico de L'Aquila a seguito del terremoto del 6 aprile 2009 [Tertulliani et al. 2010], il rilievo di dettaglio è stato effettuato "casa per casa" ovvero classificando ogni singolo edificio per tipologia e classe di vulnerabilità, da A a F ed attribuendo il relativo grado di danno. Questo lavoro è stato reso possibile in tempi rapidi grazie all'utilizzo di mappe digitali georeferenziate (GIS) e schede di campagna costruite ad hoc (fig. 3) in aderenza alla scala EMS98. Le schede hanno permesso di descrivere in modo analitico le informazioni relative al livello di risentimento del terremoto sulle persone e sull'ambiente circostante. Inoltre, a seconda dell'edilizia presente (muratura o cemento), è stato possibile memorizzare il numero degli edifici censiti, la tipologia edilizia relativa, la classe di vulnerabilità dell'edificio e il grado di danno relativo, ed elaborare tutti i dati nella tabella di riepilogo. È da sottolineare che le modeste dimensioni degli abitati hanno reso agevole questo tipo di rilievo.

Ciononostante non sempre è stato possibile censire la totalità dell'edificato a causa della conformazione dell'edificato stesso

o della inaccessibilità di alcuni edifici (NC nelle figure 4 e 8).

Una prima generale stima del patrimonio edilizio di queste frazioni (fig. 4) mostra la distribuzione del totale degli edifici rilevati all'interno delle classi di vulnerabilità. E' presente una larga maggioranza di edifici di classe B (49%), in mattoni e/o pietra locale generalmente in buone condizioni di manutenzione. Il resto è distribuito nelle classi C, edifici in pietra massiccia, o in muratura con cordoli o con solai in cemento armato, senza progettazione antisismica (~23%), D, edifici in muratura rinforzata o in cemento armato prevalentemente a basso o medio livello di progettazione antisismica (~14%) e in minor misura di classe A, edifici in pietrame misto o ciottoli, mattoni crudi o pietra semplice spesso in cattive condizioni di mantenimento (~7%). Gli edifici speciali o monumentali, quali chiese e campanili (S/C in figura 4) non vengono di solito usati nelle stime di vulnerabilità del patrimonio edilizio e quindi non partecipano all'assegnazione dell'intensità. Il 6% degli edifici non sono stati censiti per quest'indagine. Irrilevanti infine le classi di edifici E ed F.

Di seguito vengono descritti gli effetti subiti dalle località più danneggiate, classificando l'edificato in classi di vulnerabilità (A-F) e gradi di danno (indicati nel seguito come $d1, d2...d5$) e rappresentando su mappe georeferenziate la distribuzione dei danni.

QUEST
Quick Earthquake Survey Team

INGV

SCHEDA PER INDAGINE MACROSISMICA DI CAMPAGNA

Terremoto del _____; alle ore _____ italiana

Regione _____ Provincia _____ Comune _____ Frazione _____

Rilevamento del _____; alle ore _____ italiane

INTENSITA'
MCS EMS

1 - EFFETTI DEL TERREMOTO SULLE PERSONE

Scossa sentita in luoghi chiusi da: pochi [] molti [] tutti []
Scossa sentita in luoghi aperti da: pochi [] molti [] tutti []

Il terremoto ha svegliato: [si] [no] quanti? pochi [] molti [] tutti []
Il terremoto ha spaventato: [si] [no] quanti? pochi [] molti [] tutti []

Oscillazione lampadari: piccola [] grande [] grandissima []

Leggero scuotimento di porte, finestre, suppellettili; vibrazione di pareti e pavimenti; tintinnio di vetri di finestre o di vetrine di mobili: [si] [no] (sottolineare quelle osservate)

Sbattimento o apertura di porte, finestre, sportelli di mobili, ante di armadi: [si] [no]

Oscillazione di liquidi in recipienti colmi con piccoli versamenti; qualche orologio a pendolo si è fermato; quadri appesi si sono mossi o hanno sbattuto contro la parete: [si] [no] (sottolineare quelle osservate)

Spostamento o caduta di qualche mobile leggero; caduta di quadri appesi alle pareti: [si] [no] (sottolineare quelle osservate)

Spostamento o caduta di piccoli soprammobili; rottura di piatti e bicchieri; caduta di qualche libro dalle mensole: [si] [no]

2 - EFFETTI DEL TERREMOTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE

Qualche spaccatura in terreni umidi; qualche spaccatura nelle strade sterrate: [si] [no] (sottolineare quelle osservate)

Frane (descrivere brevemente): _____

Intorbidamento stagni, canali d'irrigazione; cambiamento di livello nell'acqua dei pozzi; pozzi si sono asciugati; in pozzi asciutti è tornata l'acqua: [si] [no] (sottolineare quelle osservate)

Alcuni alberi si sono piegati o spezzati: [si] [no]

Osservazione di ondulazioni su terreni [si] [no]

QUEST
Quick Earthquake Survey Team

SCHEDA RILIEVO MACROSISMICO - MURATURA

rilevo del: _____ località: _____

A0	A1	A2	A3	A4	A5	B0	B1	B2	B3	B4	B5	C0	C1	C2	C3	C4	C5	D0	D1	D2	D3	D4	D5
1						1						1						1					
2						2						2						2					
3						3						3						3					
4						4						4						4					
5						5						5						5					
6						6						6						6					
7						7						7						7					
8						8						8						8					
9						9						9						9					
10						10						10						10					
11						11						11						11					
12						12						12						12					
13						13						13						13					
14						14						14						14					
15						15						15						15					
16						16						16						16					
17						17						17						17					
18						18						18						18					
19						19						19						19					
20						20						20						20					
21						21						21						21					
22						22						22						22					
23						23						23						23					
24						24						24						24					
25						25						25						25					
26						26						26						26					
27						27						27						27					
28						28						28						28					
29						29						29						29					
30						30						30						30					
31						31						31						31					
32						32						32						32					
33						33						33						33					
34						34						34						34					
35						35						35						35					
36						36						36						36					
37						37						37						37					
38						38						38						38					
39						39						39						39					
40						40						40						40					

edifici speciali/chiesa

descrizione tipologia danno MURATURA

1 caduta di piccoli pezzi di calcinaccio	9 slittamento di tegole
2 crepe capillari	10 caduta/cedimento di tramezzi, frontoni, cornicioni, parapetti
3 caduta di pietre dalla parte superiore dell'edificio	11 crepe larghe e profonde
4 caduta di grandi pezzi di intonaco	12 distacco di pareti
5 crepe nei camini	13 crolli parziali
6 crepe diffuse	14 importanti cedimenti dei muri/tetti
7 caduta/rotazione/rottura di camini	15 crollo totale
8 caduta/rottura di tegole	

QUEST
Quick Earthquake Survey Team

SCHEDA RILIEVO MACROSISMICO - CEMENTO

rilevo del: _____ località: _____

C0	C1	C2	C3	C4	C5	D0	D1	D2	D3	D4	D5	E0	E1	E2	E3	E4	E5	F0	F1	F2	F3	F4	F5
1						1						1						1					
2						2						2						2					
3						3						3						3					
4						4						4						4					
5						5						5						5					
6						6						6						6					
7						7						7						7					
8						8						8						8					
9						9						9						9					
10						10						10						10					
11						11						11						11					
12						12						12						12					
13						13						13						13					
14						14						14						14					
15						15						15						15					
16						16						16						16					
17						17						17						17					
18						18						18						18					
19						19						19						19					
20						20						20						20					
21						21						21						21					
22						22						22						22					
23						23						23						23					
24						24						24						24					
25						25						25						25					
26						26						26						26					
27						27						27						27					
28						28						28						28					
29						29						29						29					
30						30						30						30					
31						31						31						31					
32						32						32						32					
33						33						33						33					
34						34						34						34					
35						35						35						35					
36						36						36						36					
37						37						37						37					
38						38						38						38					
39						39						39						39					
40						40						40						40					

edifici speciali/chiesa

descrizione tipologia danno CEMENTO

1 crepe sottili nell'intonaco	7 espulsione copertura cemento con piegamento delle barre
2 crepe in colonne o travi dell'intelaiatura e/o tramezzi e tamp.	8 larghe crepe in elementi strutturali o rotture delle barre
3 caduta di intonaco e malta dai giunti dei pannelli murari	9 inclinazione delle colonne
4 caduta/rottura/danni al camino	10 collasso di alcune colonne
5 larghe crepe in tramezzi e tamponature	11 collasso di un singolo piano alto
6 cedimento di singoli elementi di tamponatura	12 collasso totale o quasi totale dell'edificio

QUEST
Quick Earthquake Survey Team

SCHEDA RILIEVO MACROSISMICO - TABELLE

rilevo del: _____ località: _____

TABELLA RIEPILOGO TOTALE

	0	1	2	3	4	5	tot	tot muratura	tot cemento
A									
B									
C_m									
C_c									
tot C									
D									
E									
F									
s/c									
tot									

PERCENTUALI

A0	B0	C0	D0	EF0
A1	B1	C1	D1	EF1
A2	B2	C2	D2	EF2
A3	B3	C3	D3	EF3
A4	B4	C4	D4	EF4
A5	B5	C5	D5	EF5

definizioni percentuali EMS

0%-20% = pochi 20%-60% = molti 60%-100% = maggior parte

grado EMS grado MCS

ALTRI EVENTI OSSERVATI

spostamento e/o rotazione di statue e cippi su piedistalli, danneggiamento di lapidi, pietre tombali, effetti su campanili, cimiteri, muri di cinta

descrizione e commenti

Figura 3 Scheda di campagna usata durante il rilievo.

Figure 3 Form used to collect macroseismic data during the field survey.

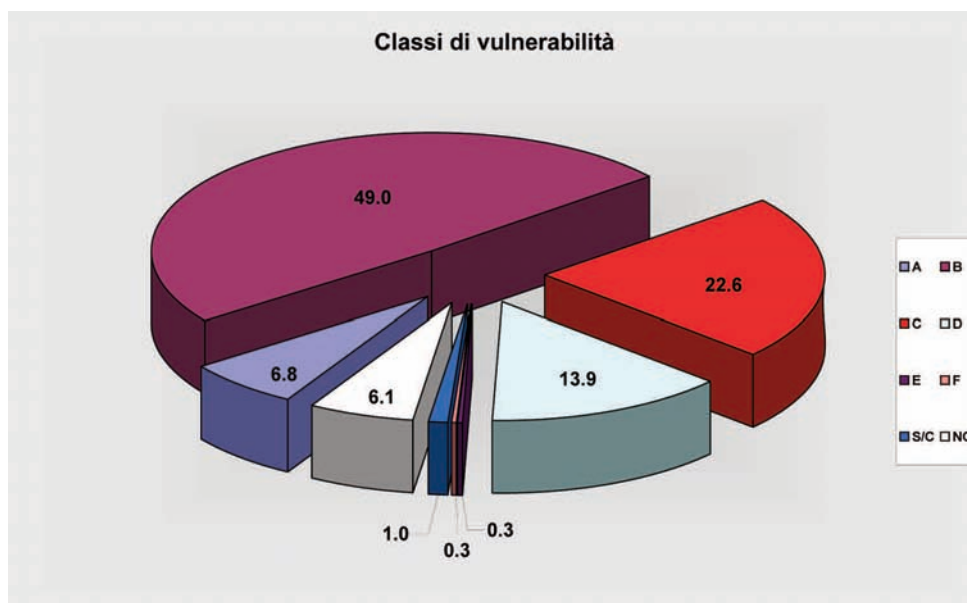


Figura 4 Distribuzione delle classi di vulnerabilità per l'insieme degli edifici delle località rilevate.
Figure 4 Distribution of the whole buildings amount into vulnerability classes.

1.1 Spina

L'abitato di Spina (fig. 5) può essere scomposto in due parti chiaramente distinte: il nucleo storico (a sinistra in figura 5), costituito da un borgo fortificato (XIII sec.) con le abitazioni in muratura mista, laterizio e pietra, il cui stato di conservazione non sempre è ottimale (edifici di classe A e B secondo la scala EMS98) e la parte di urbanizzazione

recente, composta da edifici prevalentemente in muratura e/o cemento armato (classi C e D). Dell'intera frazione sono stati censiti poco più di cento edifici.

In questo contesto urbanistico si è valutata l'opportunità di assegnare due valori di intensità alla stessa località, distinguendo il centro storico dalla zona di espansione recente. Il caso in questione, pur avendo un carattere spe-

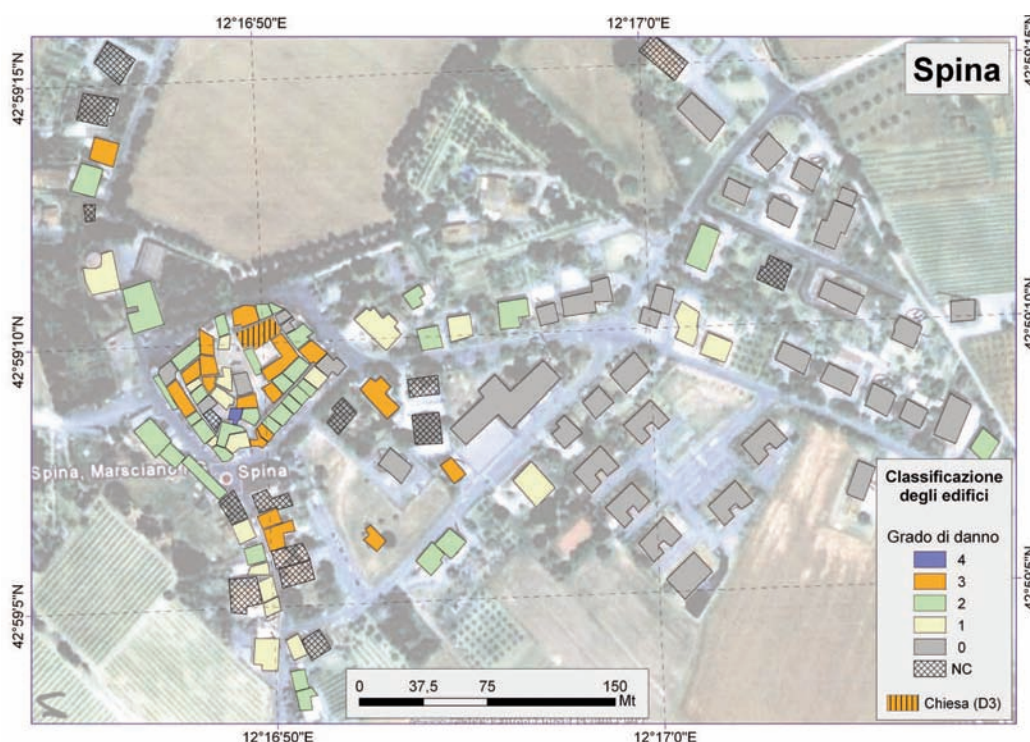


Figura 5 Rilievo di dettaglio dell'abitato di Spina (Marsciano, PG); classificazione degli edifici secondo il grado di danno (elaborazione da immagine da satellite ©2010 Google).

Figure 5 Detailed survey of Spina (Marsciano, PG); the buildings are ranked by grades of damage.

rimientale, assume un valore soprattutto didattico, in ambito macrosismico: esiste infatti il problema della comparazione degli effetti dei terremoti attuali con quelli dovuti ai terremoti di epoca storica, i quali hanno colpito un patrimonio edilizio simile a quello tuttora esistente nei soli centri storici. Analoga questione è stata infatti sollevata anche da Galli et al. [2009] nel corso del rilievo macrosismico dei centri colpiti dal terremoto aquilano del 6 aprile 2009, molti dei quali costituiti da due distinti agglomerati. La parte antica del borgo, disposta a stretta spirale intorno alla chiesa parrocchiale, è composta per circa l'80% da edifici di classe B. Il danneggiamento (fig. 6) si presenta diffuso, da lieve a moderato ($d1$ e $d2$) in oltre il 50% delle case, con caduta di tegole, rottura di camini, lesioni passanti nei muri perimetrali e rari danni più gravi ($d3$), come caduta di parte di paramenti murari e parapetti (foto da 1 a 4).

L'unico edificio classificabile in classe C ha riportato lievi danni ($d2$); tuttavia questo singolo edificio non può essere considerato sufficientemente rappresentativo ai fini della valutazione dell'intensità.

È inoltre stata rilevata la caduta del soffitto dell'abside all'interno della chiesa parrocchiale di San Nicola. Il complesso dei danni subiti dal borgo ci porta ad attribuire al nucleo antico di Spina il grado 7 della scala EMS98.

Anche nella parte periferica di Spina, composta da circa 70 abitazioni di cui quasi due terzi di recente e recentissima costruzione (classi C e D), il terremoto ha provocato nel complesso un danno abbastanza consistente. In molti edifici di classe B si osserva caduta di larghi pezzi di intonaco, crepe diffuse ($d2$) e rottura e/o caduta di comignoli ($d2/d3$). Un danno da lieve a moderato si è rilevato in oltre il 30% delle abitazioni di classe C (fig. 7) La rottura di



Foto 1 Spina (Marsciano, PG), camino fratturato ($d2$).
Photo 1 Spina (Marsciano, PG), cracked chimney ($d2$).



Foto 2 Spina (Marsciano, PG), slittamento e caduta di tegole ($d3$).
Photo 2 Spina (Marsciano, PG), sliding and fall of tiles ($d3$).



Foto 3 Spina (Marsciano, PG), importante cedimento ($d4$) in edificio fatiscente.
Photo 3 Spina (Marsciano, PG), serious failure ($d4$) in a bad maintained building.



Foto 4 Spina (Marsciano, PG), crepe larghe e profonde ($d3$).
Photo 4 Spina (Marsciano, PG), large cracks in the wall ($d3$).

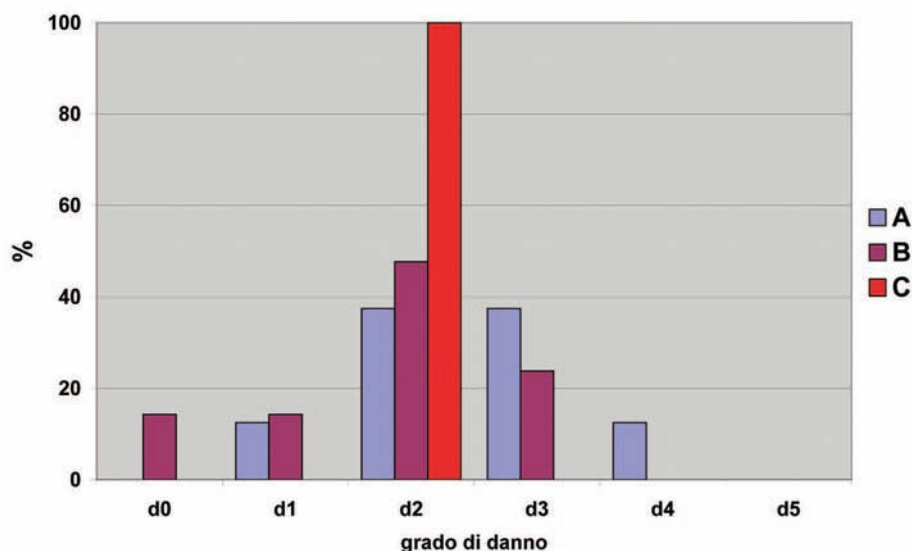


Figura 6 Distribuzione percentuale dei gradi di danno nelle classi di vulnerabilità del centro storico di Spina (da segnalare che il 100% degli edifici di classe C con danno 2 è costituito da 1 solo edificio).

Figure 6 Percentage distribution of grades of damage vs vulnerability classes in the historical centre of Spina (the 100% of C buildings is related to a single edifice).

camini è stata osservata anche in edifici di cemento armato (classe C), per i quali però la scala EMS98 non prevede l'attribuzione ad un grado di danno, non essendo riportato come diagnostico. In questo caso non trattandosi di danno strutturale è stato arbitrariamente assegnato il grado 2. Sono stati anche osservati casi sporadici di danno di grado 3, come gravi lesioni in muri sia in edifici in muratura che in edifici in cemento armato (foto 5 e 6).

Il quadro degli effetti porta ad attribuire, anche per la parte

di urbanizzazione recente di Spina, l'intensità 7 EMS98.

Dalla divisione dell'abitato in due porzioni era lecito attendersi una ripartizione differente del danno (maggiore nel centro storico, minore nella parte recente) tuttavia le evidenze hanno dimostrato, almeno in questo caso, che il quadro di danneggiamento dovuto al terremoto è risultato abbastanza uniforme, pur nella differenza delle tipologie edilizie presenti. Quindi considerando l'abitato come un *unicum*, si è assegnato a Spina il grado 7 di intensità.



Foto 5 Spina (Marsciano, PG), crepe larghe e profonde (d3).
Photo 5 Spina (Marsciano, PG), large and extensive cracks (d3).



Foto 6 Spina (Marsciano, PG), lesioni a croce in muri di tamponatura (d3).
Photo 6 Spina (Marsciano, PG), cracks in infill walls (d3).

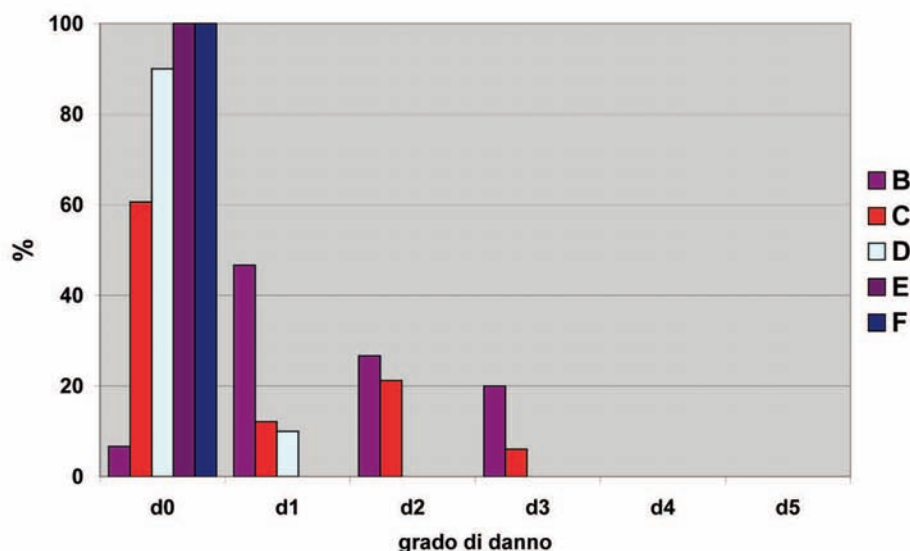


Figura 7 Distribuzione percentuale dei gradi di danno nelle classi di vulnerabilità per la zona periferica di Spina.

Figure 7 Percentage distribution of grades of damage vs vulnerability classes in the recent outskirts of Spina.

1.2 San Biagio della Valle

Il borgo di San Biagio della Valle (449 abitanti) è composto da oltre cento edifici, di cui la maggior parte in laterizio e

pietra locale, il cui stato di conservazione appare buono (classe B), e villette di recente e recentissima costruzione (classi C e D). Diversamente da Spina l'edificato appare più

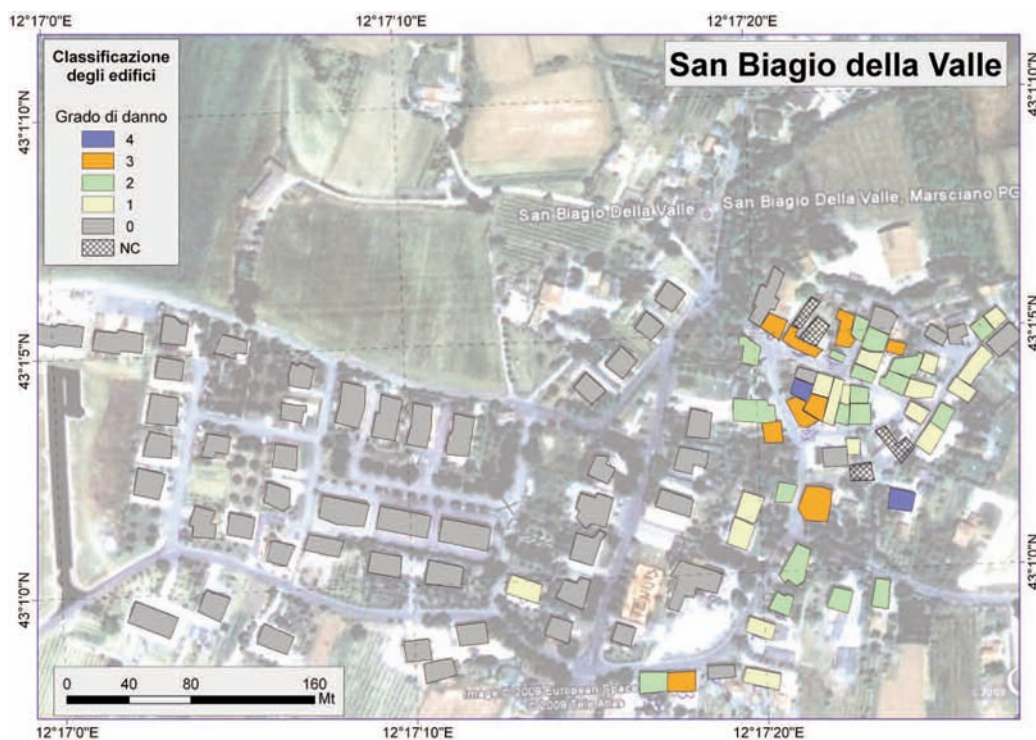


Figura 8 Rilievo di dettaglio dell'abitato di San Biagio della Valle (Marsciano, PG); classificazione degli edifici secondo il grado di danno (elaborazione da immagine da satellite ©2010 Google).

Figure 8 Detailed survey of San Biagio della Valle (Marsciano, PG); the buildings are ranked by grades of damage.



Foto 7 San Biagio della Valle (Marsciano, PG), rottura del camino (d2).

Photo 7 San Biagio della Valle (Marsciano, PG), partial collapse of the chimney (d2).

omogeneo e la parte antica del borgo presenta interventi di ristrutturazione più recenti (fig. 8).

A San Biagio della Valle circa il 60% degli edifici di classe B ha subito caduta di calcinacci e grandi pezzi di intonaco, crepe sui paramenti murari e scivolamento di tegole (d1-d2, fig. 9 e foto da 7 a 9), mentre sono stati osservati diversi casi di danno di grado 3 (caduta di camini, crepe larghe



Foto 8 San Biagio della Valle (Marsciano, PG), lesioni (d2).

Photo 8 San Biagio della Valle (Marsciano, PG), cracks (d2).

e profonde) sempre in edifici di classe B.

In cinque edifici di classe C (su 25 totali) sono state osservate lesioni alle tamponature e caduta di pezzi di intonaco (d2).

Anche in questa località si è avuta la rottura di qualche comignolo in edifici di classe C (d2).

Gli edifici di classe A (tre sul totale), pur riportando danni consistenti, non sono stati considerati nella valutazione dell'intensità, in quanto non appartenenti ad un *campione consistente e sufficientemente rappresentativo*, come suggerito dalle stesse linee guida della scala EMS98.

Il complesso dei danni riscontrati nella località di San Biagio della Valle porta ad attribuire l'intensità 7 della scala EMS98.

1.3 Sant'Apollinare

Sant'Apollinare è una piccolissima frazione di Marsciano composta da circa 30 edifici (fig. 10) di cui la maggior parte, in muratura mista laterizio e pietra locale, è concentrata nel borgo storico ed appare prevalentemente in buono stato di conservazione (classe B); fuori dal borgo sono presenti villette di recente e recentissima costruzione (classi C e D).

Il 70% degli edifici di tipo B ha subito crepe sui paramenti murari, scivolamento di tegole e lesioni ai camini (d1-d2). In due edifici su tre totali di classe A sono state osservate crepe larghe e profonde (d3) (foto 10 e 11), mentre altri due edifici (su sei) di classe C hanno riportato lesioni capillari (d1) (fig. 11).

Anche in questo caso, come già per San Biagio della Valle, le classi meno rappresentative (qui A e D) non sono entrate a far parte delle valutazioni per l'intensità.

Nel complesso per Sant'Apollinare viene stimata un'intensità 6 della scala EMS98.



Foto 9 San Biagio della Valle (Marsciano, PG), caduta di larghi pezzi di intonaco (d2).

Photo 9 San Biagio della Valle (Marsciano, PG), fall of large pieces of plaster (d2).

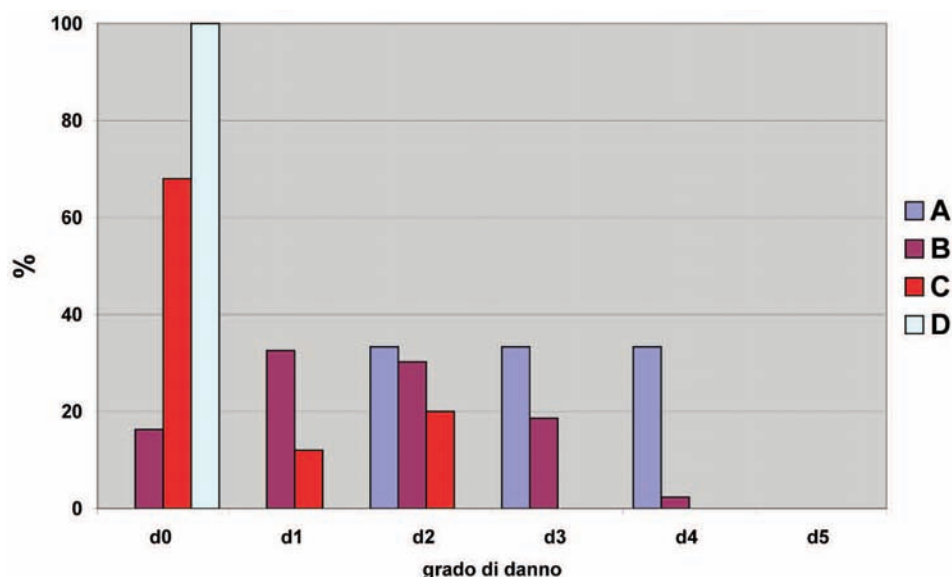


Figura 9 Distribuzione percentuale dei gradi di danno nelle classi di vulnerabilità per San Biagio della Valle.

Figure 9 Percentage distribution of grades of damage vs vulnerability classes in San Biagio della Valle.

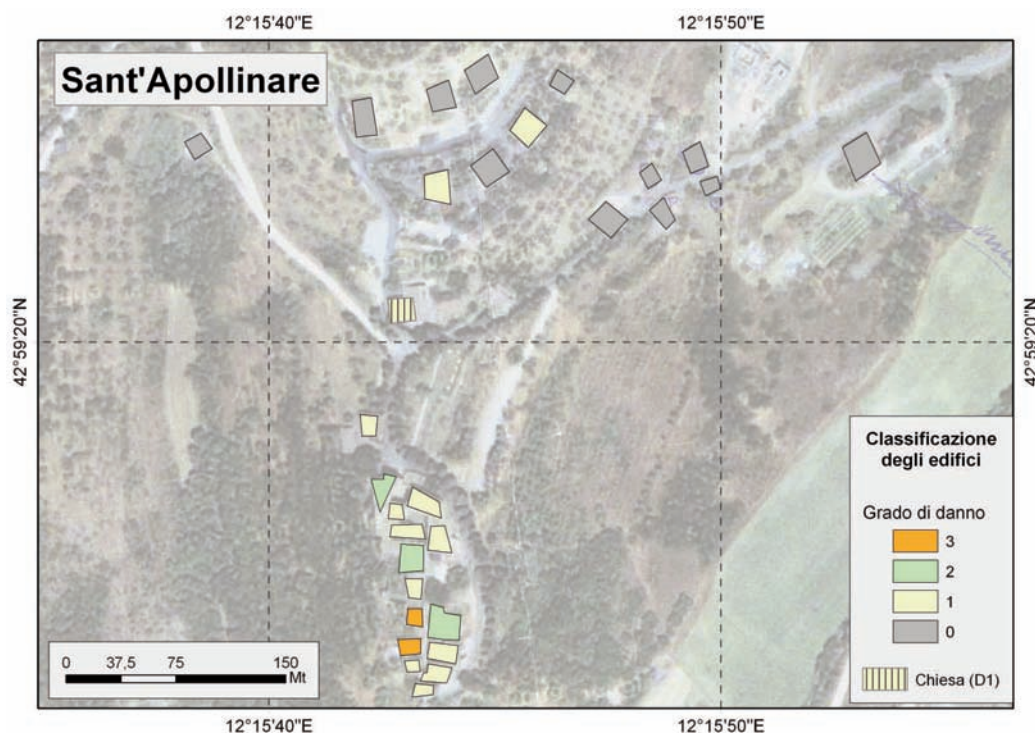


Figura 10 Abitato di Sant'Apollinare, Marsciano (PG), rilievo di dettaglio del grado di danno attribuito ai singoli edifici (elaborazione da immagine da satellite ©2010 Google).

Figure 10 Detailed survey of Sant'Apollinare (Marsciano, PG); the buildings are ranked by grades of damage.

1.4 Pieve Caina

Il borgo di Pieve Caina è composto da poco meno di 50 edifici (fig. 12) in muratura per la maggior parte mista laterizio

e pietra locale (classi A e B), e in minor parte da edifici in muratura di più recente costruzione (classe C).

Il quadro di danneggiamento mostra che il 31% degli edifici

di classe B ha subito crepe leggere sui paramenti murari (d_1), la maggior parte di edifici di classe A presenta lesioni leggere (d_1) (foto 12) e in due edifici di classe B (su 35) si osserva scivolamento di tegole e la parziale caduta del camino (d_2), come riassunto dalla figura 13.

Sebbene i danni di Pieve Caina siano più contenuti rispetto alle precedenti località, la stima in EMS98 rientra comunque nel grado 6 della scala EMS98.



Foto 10 Sant'Apollinare (Marsciano, PG), cedimento dello spigolo in edificio in muratura mista (d_3).

Photo 10 Sant'Apollinare (Marsciano, PG), failure of the corner in a masonry building (d_3).



Foto 11 Sant'Apollinare (Marsciano, PG), lesione passante sul muro perimetrale (d_3).

Photo 11 Sant'Apollinare (Marsciano, PG), large crack on external wall (d_3).

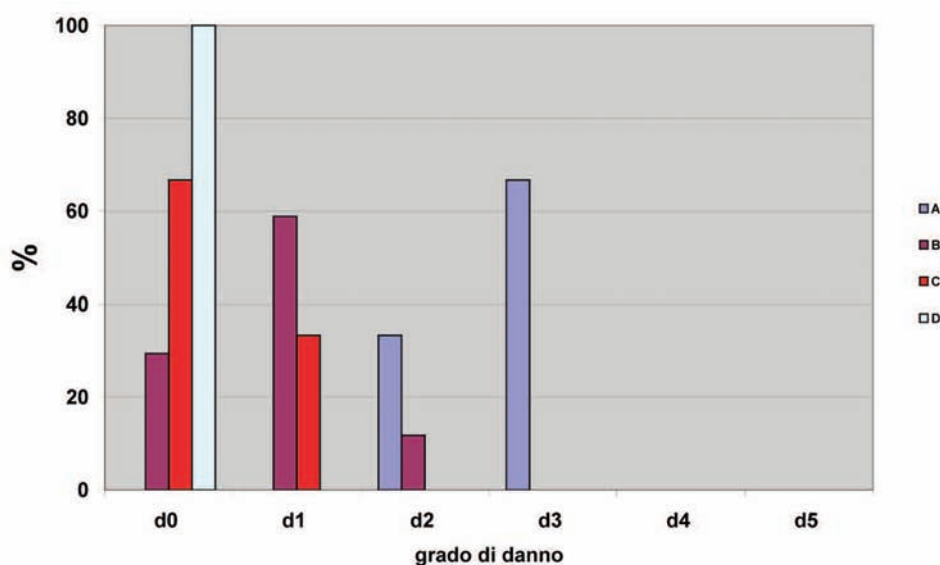


Figura 11 Distribuzione percentuale dei gradi di danno nelle classi di vulnerabilità per Sant'Apollinare.

Figure 11 Percentage distribution of grades of damage vs vulnerability classes in Sant'Apollinare.

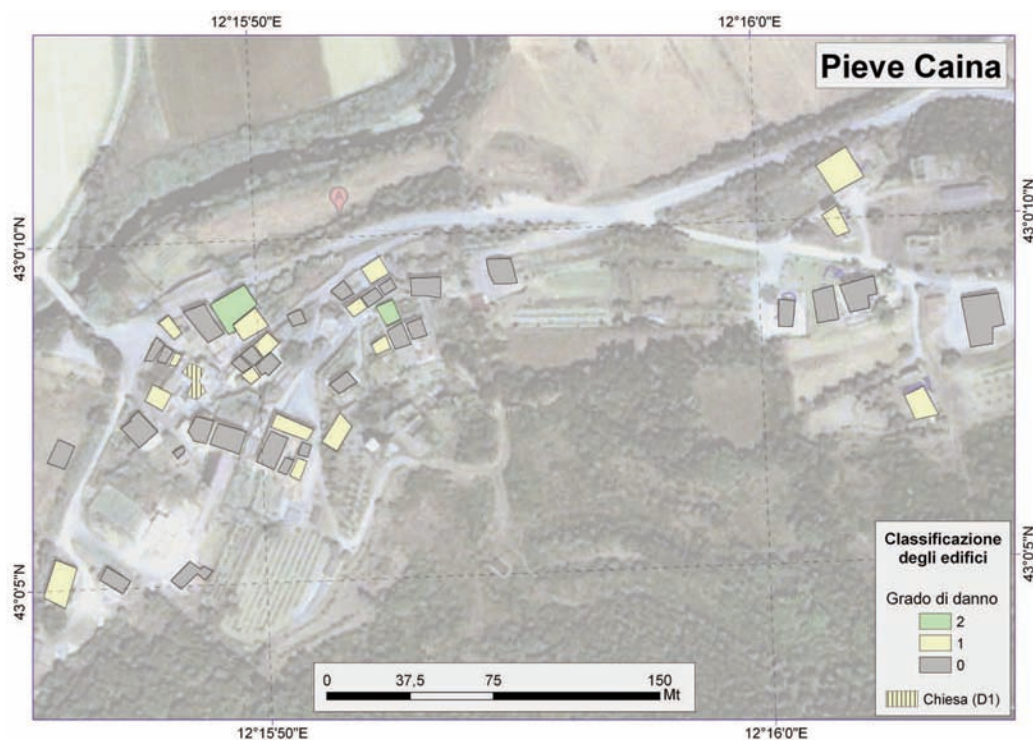


Figura 12 Abitato di Pieve Caina, Marsciano (PG), rilievo di dettaglio del grado di danno attribuito ai singoli edifici (elaborazione da immagine da satellite ©2010 Google).

Figure 12 Detailed survey of Pieve Caina (Marsciano, PG); the buildings are ranked by grades of damage.

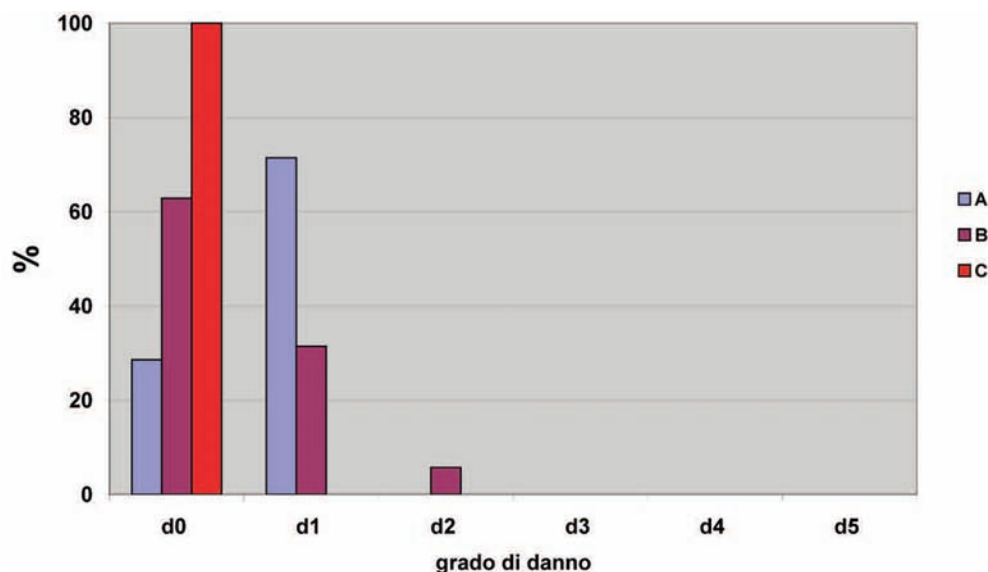


Figura 13 Distribuzione percentuale dei gradi di danno nelle classi di vulnerabilità per Pieve Caina.

Figure 13 Percentage distribution of grades of damage vs vulnerability classes in Pieve Caina.

2. Considerazioni e conclusioni

Il rilievo macrosismico tradizionale è stato integrato da un'indagine di dettaglio per le quattro località maggiormente danneggiate allo scopo di studiare le modalità di applica-

zione della scala EMS98, non utilizzata ancora sistematicamente per i terremoti italiani. Sono emerse di conseguenza alcune problematiche metodologiche, che di seguito commentiamo.

Un primo punto riguarda la possibile differenza nella qua-

lità e quantità del danneggiamento tra località alle quali è attribuita la stessa intensità. Le discordanze emerse sono state senza dubbio accentuate dalla scelta qui operata di non assegnare gradi intermedi (6,5; 7,5), ma di assegnare il cosiddetto “grado intero”, come suggerito nelle Linee Guida della scala EMS98 [pag. 57 e pag. 61 in Grünthal, 1998]. Questa scelta metodologica mette in evidenza la vera natura discreta della scala macrosismica, “fatta a larghi gradini”, all’interno dei quali possono coesistere scenari di diversa severità. L’ampio ventaglio dei diagnostici di ogni grado (*gradino*) della scala rende quindi possibile l’assegnazione di uno stesso grado di intensità a località con apparenti differenze di effetti.

Un esempio è rappresentato dal confronto tra le frazioni di Sant’Apollinare e Pieve Caina alle quali è stato assegnato il 6° grado. La frazione di Sant’Apollinare presenta tutti gli elementi diagnostici del 6° grado. Pieve Caina, invece, presenta solo alcuni elementi diagnostici di intensità 6, quali *danni di grado 1 a molti edifici di classe A e di classe B, e danni di grado 2 ad alcuni edifici di classe B*. Mancano, di contro, altri diagnostici come *i pochi danni di grado 2 a edifici di classe A e pochi danni di grado 1 a edifici di classe C*, che si presentano non danneggiati. Tuttavia questo quadro del danneggiamento giustifica l’assegnazione del 6° grado, in quanto i diagnostici osservati non soddisfano minimamente i gradi contigui [vedi anche pag. 27-28 in Grünthal, 1998].

Il secondo punto riguarda la rappresentatività della classe di vulnerabilità. Si veda in questo caso l’esempio di San Biagio della Valle dove ben il 33% degli edifici di classe A riporta lesioni di tipo *d4*, diagnostico ascrivibile al grado 8° (*molti edifici di classe A subiscono danni di grado 4*). Tale percentuale risulta elevata, ma essendo calcolata su un totale di tre edifici di classe A presenti (su oltre 100 in totale), non può essere considerata rappresentativa del complesso delle osservazioni.

In questo esempio, la classe di vulnerabilità A è quindi stata ritenuta percentualmente irrilevante, pur in presenza di un danno importante, ma chiaramente episodico. In casi come questo l’applicazione rigida delle percentuali di danno previste dalla scala ad un numero comunque limitato di edifici potrebbe portare ad una notevole sovrastima dell’intensità.

Una terza notazione riguarda il comportamento della scala EMS in località nelle quali siano chiaramente distinguibili due (o più) aree, che presentino una distribuzione delle classi di vulnerabilità tra loro marcatamente differente: ad esempio un nucleo storico e un’area di recente espansione come nel caso specifico di Spina. Nel caso in studio, dove i dati sono stati raccolti separatamente per le due zone al fine di evidenziare comportamenti peculiari legati alla diversa composizione edilizia, si perviene alla medesima stima d’intensità (EMS 7), sia considerando le due aree assieme che separatamente. È evidente che l’esempio in questione non può rappresentare un campione sufficiente



Foto 12 Pieve Caina (Marsciano, PG), lesioni leggere (*dt*).
Photo 12 Pieve Caina (Marsciano, PG), slight cracks (*dt*).

per trarre delle conclusioni definitive ma, almeno in questo caso, ci consente di osservare una certa robustezza di comportamento della EMS.

Tale robustezza sarebbe la conferma di una buona capacità della scala EMS98 di descrivere la severità dello scuotimento prodottosi al sito, in modo indipendente dalla vulnerabilità. Quest’ultima evidenza apre scenari di applicabilità anche per quanto riguarda il problema della comparazione degli effetti dei terremoti attuali con quelli dovuti ai terremoti di epoca storica, i quali hanno colpito un patrimonio edilizio simile a quello tuttora esistente nei soli centri storici.

Un’ultima considerazione riguarda la pratica di applicazione della scala EMS98, rispetto alla MCS, in località danneggiate dai terremoti. L’esperienza ci ha mostrato che i tempi del rilievo macrosismico in EMS98 sono infatti più lunghi di quelli necessari per il rilievo in MCS, a causa della necessità di ricavare un campione statistico significativo degli edifici di ogni singola località. Appare evidente che il quadro di riferimento può cambiare qualora ci si trovi a dover effettuare il rilievo in località più grandi, e per esigenze di protezione civile, per le quali i tempi vanno sensibilmente compressi.

In conclusione l’esperienza descritta ha rafforzato, a nostro avviso, la necessità di introdurre in maniera stabile e costante l’utilizzo della scala EMS98 nel rilievo macrosismico in Italia. Il rilievo rigoroso e di dettaglio attraverso nuovi stru-

menti metodologici, unitamente alla maggior complessità della scala stessa, renderà viepiù necessaria la presenza di personale dedicato, esperto e adeguatamente formato.

Ringraziamenti

Gli Autori ringraziano Filippo Bernardini per l'attenta revisione del manoscritto.

Bibliografia

- Galli P., Camassi R., Azzaro R., Bernardini F., Castenetto S., Molin D., Peronace E., Rossi A., Vecchi M., Tertulliani A. (2009). *Il terremoto aquilano del 6 aprile 2009: rilievo macrosismico, effetti di superficie ed implicazioni sismotettoniche*. Il Quaternario, 22 (2), pp. 235-246.
- Grünthal G., (Ed.) (1998). *European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. European Seismological Commission, Subcommission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg, 99 pp.
- Gruppo di lavoro CPTI, (2004). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*, INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04/> ultimo accesso dicembre 2009.
- Sieberg A. (1930). *Geologie der Erdbeben*, Handbuch der Geophysic, Tabb. 2 e 3. Berlin.
- Tertulliani A., Arcoraci L., Berardi M., Bernardini F., Camassi R., Castellano C., Del Mese S., Ercolani E., Graziani L., Leschiutta I., Rossi A., Vecchi M. (2010). *An application of EMS98 in a medium-sized city: the case of L'Aquila*, Bull. Earthq. Eng., in stampa.

Indice

Introduzione	4
1 Rilievo macrosismico	5
1.1 Spina	9
1.2 San Biagio della Valle	12
1.3 Sant'Apollinare	13
1.4 Pieve Caina	14
2 Considerazioni conclusive	16
Ringraziamenti	18
Bibliografia	18

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>

